



ГЛОБАЛЬНАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СПУТНИКОВАЯ СИСТЕМА

ГЛОНАСС

Стандарт эксплуатационных характеристик открытого сервиса (СТЭХОС)

Редакция 2.2
(6.2019)

Королёв
2019 г.

(Чистая страница.)

ВВЕДЕНИЕ

Данный документ подготовлен на основе межгосударственного стандарта ГОСТ 32454–2013 «Глобальная навигационная спутниковая система. Параметры радионавигационного поля. Технические требования и методы испытаний» и устанавливает уровень эксплуатационных характеристик открытого сервиса (ОС) ГЛОНАСС. Уровень эксплуатационных характеристик ОС ГЛОНАСС согласованно определен Министерством обороны Российской Федерации (Минобороны России) и Госкорпорацией «Роскосмос». Документ разработан Информационно–аналитическим центром координатно–временного и навигационного обеспечения (ИАЦ КВНО ФГУП ЦНИИмаш), согласован и утвержден Минобороны России и Госкорпорацией «Роскосмос». Мониторинг, оценка и подтверждение уровня эксплуатационных характеристик ОС ГЛОНАСС проводится ИАЦ КВНО ФГУП ЦНИИмаш.

Вопросы и предложения по документу просьба направлять через форму обратной связи на сайте www.glonass-iac.ru/feedback/ или по электронной почте ianc@glonass-iac.ru.

(Чистая страница.)

СОДЕРЖАНИЕ

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ	7
Глава 1. Открытый сервис ГЛОНАСС	9
1.1 Цель.....	10
1.2 Порядок согласования и внесения изменений.....	11
1.3 Область применения.....	12
1.4 Определение открытого сервиса ГЛОНАСС.....	12
1.5 Обзор системы ГЛОНАСС	13
1.5.1 Подсистема навигационных космических аппаратов ГЛОНАСС	13
1.5.2 Подсистема наземной космической инфраструктуры ГЛОНАСС	15
Глава 2. Эксплуатационные характеристики канала стандартной точности системы ГЛОНАСС для сигналов–в–пространстве и ограничения по их применению	18
2.1 Требования интерфейсного контрольного документа к сигналам– в–пространстве	18
2.2 Обзор интерфейсных характеристик открытого сервиса системы ГЛОНАСС для сигналов–в–пространстве	19
2.2.1 Радиочастотные характеристики сигналов–в–пространстве открытого сервиса системы ГЛОНАСС	19
2.2.2 Характеристики навигационного сообщения открытого сервиса системы ГЛОНАСС для сигналов–в–пространстве	20
2.3 Обзор эксплуатационных характеристик сигналов–в– пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	23
2.3.1 Пригодность сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС.....	24
2.3.2 Доступность сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС.....	25
2.3.3 Точность сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС.....	26
2.3.4 Основной отказ обслуживания сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	26

2.3.5	Непрерывность сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	27
2.3.6	Точность передачи смещения UTC(SU)–ШВС в навигационных сообщениях сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	28
2.4	Обзор эксплуатационных характеристик канала стандартной точности системы ГЛОНАСС в части определения местоположения и времени	28
2.5	Условия применения эксплуатационных характеристик канала стандартной точности ГЛОНАСС	29
2.5.1	Потребитель канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	29
2.5.2	Радионавигационный сигнал в частотных диапазонах L1, L2	29
2.5.3	Использование сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	30
2.5.4	Информации о пригодности НКА системы ГЛОНАСС.....	30
2.5.5	Исключаемые погрешности	31
Глава 3. Значения эксплуатационных характеристик и ограничения канала стандартной точности системы ГЛОНАСС		32
3.1	Обзор.....	32
3.2	Определение номинальной структуры орбитальной группировки.....	33
3.3	Зона действия канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	34
3.3.1	Зона действия НКА (Per–slot coverage).....	35
3.3.2	Зона действия системы (Constellation Coverage).....	36
3.4	Точность сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	36
3.4.1	Точность SIS URE канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	38
3.4.2	Точность SIS URRE канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	40
3.4.3	Точность SIS URAE канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	41
3.4.4	Точность передачи смещения UTC(SU)–ШВС (SIS UTCOE) канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	41

3.5	Вероятность основного отказа обслуживания сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	42
3.5.1	Вероятность основного отказа обслуживания по SIS URE сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	42
3.5.2	Вероятность основного отказа обслуживания по SIS URRE сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	43
3.5.3	Вероятность основного отказа обслуживания по SIS URAE сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	43
3.6	Непрерывность сигналов–в–пространстве (SIS Continuity) канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	44
3.6.1	Непрерывность сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС при незапланированных перерывах.....	44
3.6.2	Время доставки сообщений о запланированных и незапланированных перерывах для сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	45
3.7	Доступность сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС.....	46
3.7.1	Доступность орбитальной точки сигналов–в–пространстве (SIS Per–slot Availability) канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	46
3.7.2	Доступность орбитальной группировки сигналов–в–пространстве (SIS Constellation Availability) канала стандартной точности системы ГЛОНАСС.....	46
3.8	Эксплуатационные характеристики канала стандартной точности системы ГЛОНАСС в части определений местоположения и времени.....	47
3.8.1	Доступность навигационного поля (PDOP Availability) канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	48
3.8.2	Доступность услуги местоопределения (Position Service Availability) канала стандартной точности системы ГЛОНАСС.....	48
3.8.3	Точность услуги определения местоположения и времени канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	50
	Список сокращений.....	51
	Термины и определения	53
	Перечень используемых материалов.....	59

СПИСОК РИСУНКОВ

Рисунок 1.5.1 — Интерфейс НКА/НАП.....	14
Рисунок 1.5.2 — Подсистема наземной космической инфраструктуры системы ГЛОНАСС	16
Рисунок 1.5.3 — Общая схема процесса управления системой ГЛОНАСС	16
Рисунок 2.2.1 — Структура суперкадра навигационного сообщения ГЛОНАСС	22

СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 2.2.1 — Распределение альманаха системы ГЛОНАСС по кадрам суперкадра	23
Таблица 3.2.1 — Распределение орбитальных точек номинальной структуры ОГ из 24 НКА на опорную эпоху	33
Таблица 3.2.2 — Параметры опорной орбиты НКА ГЛОНАСС	34
Таблица 3.3.1 — Значения характеристики зоны действия НКА КСТ ГЛОНАСС	35
Таблица 3.3.2 — Значения покрытия для номинальной структуры ОГ из 24 НКА	36
Таблица 3.4.1 — Точность SIS URE канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	38
Таблица 3.4.2 — Точность SIS URRE канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	40
Таблица 3.4.3 — Точность SIS URAE канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	41
Таблица 3.4.4 — Точность SIS UTCOE канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	41
Таблица 3.5.1 — Вероятность основного отказа обслуживания по SIS URE канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	42
Таблица 3.5.2 — Вероятность основного отказа обслуживания по SIS URRE канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	43
Таблица 3.5.3 — Вероятность основного отказа обслуживания по SIS URAE канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	43
Таблица 3.6.1 — Значения непрерывности для СВП КСТ системы ГЛОНАСС при незапланированных перерывах	44
Таблица 3.6.2 — Время доставки сообщений о запланированных и незапланированных перерывах для СВП КСТ системы ГЛОНАСС	45
Таблица 3.7.1 — Доступность орбитальной точки СВП КСТ системы ГЛОНАСС	46
Таблица 3.7.2 — Доступность орбитальной группировки СВП КСТ системы ГЛОНАСС	46
Таблица 3.8.1 — Доступность навигационного поля канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	48
Таблица 3.8.2 — Доступность сервиса местоопределения канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	49
Таблица 3.8.3 — Точность решения задач определения местоположения и времени для канала стандартной точности системы ГЛОНАСС	50

СПИСОК ПРИЛОЖЕНИЙ

Приложение А — Методики расчета эксплуатационных характеристик CSA ГЛОНАСС.

Приложение В — Справочная информация

Приложение С — Оценка эксплуатационных характеристик CSA ГЛОНАСС

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ

Под открытым сервисом (ОС, Open Service — OS) глобальной навигационной спутниковой системы (ГЛОНАСС) подразумевается предоставление открытого доступа к радионавигационному полю (РНП) ГЛОНАСС с характеристиками, соответствующими Каналу стандартной точности (КСТ, Channel of Standard Accuracy — CSA). Под РНП понимается радионавигационное поле, создаваемое совокупностью генерируемых навигационными космическими аппаратами (НКА) орбитальной группировки (ОГ) ГЛОНАСС навигационных сигналов (НС) в обслуживаемом системой пространстве, в любой точке которого потребитель с использованием навигационной аппаратуры потребителя (НАП) за счет реализации принципа беззапросных измерений может определить свой вектор состояния (местоположение, компоненты вектора скорости относительно принятой системы координат (СК), частотно–временные поправки к шкале времени потребителя, определяемой генератором НАП). КСТ определяет уровень точности определения местоположения, скорости и времени, доступный любому потребителю ОС системы ГЛОНАСС без ограничений, глобально и непрерывно.

Данный Стандарт устанавливает значения эксплуатационных характеристик КСТ ГЛОНАСС в условиях отсутствия погрешностей НАП, погрешностей за счет условий распространения и приема НС (только за счет космического сегмента, т.е. подсистемы НКА и подсистемы наземной космической инфраструктуры системы ГЛОНАСС).

Стандарт устанавливает характеристики РНП ГЛОНАСС, создаваемого совокупностью НС с открытым доступом и частотным разделением, излучаемых в диапазонах L1, L2. Стандарт рассматривает одночастотные (L1, L2) и двухчастотный (L1/L2) режимы работы. Данный Стандарт принимает номинальную структуру ОГ ГЛОНАСС из 24 НКА.

Стандарт согласован и утвержден Министерством Обороны Российской Федерации (Минобороны России) и Госкорпорацией «Роскосмос», в соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 30.04.2008 № 323 (ред. от 27.10.2017) о полномочиях федеральных органов исполнительной власти по поддержанию, развитию и использованию системы ГЛОНАСС и ФЗ «О Государственной корпорации по космической деятельности «Роскосмос».

Мониторинг, оценка и подтверждение уровня эксплуатационных характеристик ОС ГЛОНАСС осуществляются ИАЦ КВНО ФГУП ЦНИИмаш (www.glonass-center.ru). Информация о текущем и прогнозируемом состоянии ОГ НКА ГЛОНАСС публикуется в оперативном режиме на официальном сайте Госкорпорации «Роскосмос» — www.glonass-center.ru.

(Чистая страница.)

Глава 1. Открытый сервис ГЛОНАСС

ГЛОбальная НАвигационная Спутниковая Система (ГЛОНАСС) является государственной навигационной системой и предназначена для непрерывного обеспечения неограниченного числа воздушных, морских, наземных и космических потребителей высокоточной координатно–временной информацией в любой точке Земли и околоземного пространства независимо от метеоусловий.

Под открытым сервисом (ОС, Open Service – OS) ГЛОНАСС подразумевается предоставление открытого доступа к радионавигационному полю (РНП) системы ГЛОНАСС с характеристиками, соответствующими Каналу стандартной точности (КСТ, Channel of Standard Accuracy – CSA).

Под РНП понимается поле, создаваемое совокупностью генерируемых навигационными космическими аппаратами (НКА) орбитальной группировки (ОГ) ГЛОНАСС навигационных сигналов (НС) в обслуживаемом системой пространстве, в любой точке которого потребитель с использованием навигационной аппаратуры потребителя (НАП) за счёт реализации принципа беззапросных измерений может определить свой вектор состояния (местоположение, компоненты вектора скорости относительно принятой системы координат (СК), частотно–временные поправки к шкале времени потребителя, определяемой генератором НАП).

КСТ определяет уровень точности определения местоположения, скорости и времени, доступный любому потребителю открытого сервиса системы ГЛОНАСС без ограничений, глобально и непрерывно.

Данный Стандарт устанавливает характеристики РНП ГЛОНАСС, создаваемого совокупностью НС с открытым доступом и частотным разделением, излучаемых в диапазонах L1, L2. Стандарт рассматривает одночастотные (L1, L2) и двухчастотный (L1/L2) режимы работы. Данный Стандарт принимает номинальной структуру ОГ ГЛОНАСС из 24 НКА.

1.1 Цель

Стандарт эксплуатационных характеристик открытого сервиса (СТЭХОС) системы ГЛОНАСС является основополагающим документом высокого уровня, устанавливающим значения достигнутых навигационных характеристик системы ГЛОНАСС с существенным гарантированным запасом, которые в сочетании с условиями приема сигналов и априорными оценками характеристик НАП могут позволить потребителю оценить для себя конечные характеристики, которые он может получить при решении своей конкретной задачи. Стандарт является основой для проведения сертификации услуг системы ГЛОНАСС, а также для разработки стандартов более низкого уровня на конкретные образцы НАП, системы на основе ГЛОНАСС, для разработки международных стандартов Международной организации гражданской авиации (ИКАО), Международной морской организации (ИМО) и др.

Использование унифицированной номенклатуры эксплуатационных параметров и методик их расчета всеми ГНСС, включая ГЛОНАСС, GPS, Galileo и BDS является общепринятой мировой практикой. Аналогичные стандарты уже опубликованы для GPS, Galileo и BDS и постоянно обновляются.

Фактически, данный стандарт является вторым после Интерфейсного контрольного документа (ИКД) основополагающим интерфейсом между системой ГЛОНАСС и разработчиками НАП и системы на основе ГЛОНАСС, в отличие от федеральной целевой программы «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на период 2012–2020 годы» (ФЦП) и тактико–технических требований к системе ГЛОНАСС (ТТТ), являющихся интерфейсом между Заказчиком в лице РФ и исполнителем в лице Роскосмоса и Минобороны. В отличие от ФЦП, заданные в СТЭХОС характеристики определяют не осредненные требования к изделию, подлежащие оценке и приемке Заказчиком, а предельные характеристики, на которые может рассчитывать потребитель с высокой степенью доверия, основанной на долгосрочной статистической истории.

Данный Стандарт ОС системы ГЛОНАСС (СТЭХОС ГЛОНАСС) устанавливает значения эксплуатационных характеристик ОС ГЛОНАСС при отсутствии погрешностей НАП, погрешностей за счет условий распространения и приема НС (только за счет космического сегмента, т.е. подсистемы НКА и подсистемы наземной космической инфраструктуры системы ГЛОНАСС). Стандарт является основой для проведения сертификации услуг системы ГЛОНАСС, систем,

создаваемых на ее основе (в том числе Системы дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ), Системы высокоточного определения эфемеридно–временных поправок (СВОЭВП)), и НАП, используемой авиационными и другими потребителями.

В Стандарте приведено общее описание системы ГЛОНАСС и используемых НС; установлены значения эксплуатационных характеристик КСТ системы ГЛОНАСС; перечислены использовавшиеся при составлении Стандарта нормативные документы.

1.2 Порядок согласования и внесения изменений

Информационно–аналитический центр координатно–временного и навигационного обеспечения головного научно–исследовательского института Госкорпорации «Роскосмос» ФГУП ЦНИИмаш (ИАЦ КВНО ФГУП ЦНИИмаш), определяемый как разработчик СТЭХОС ГЛОНАСС, несет ответственность за подготовку, согласование, изменение, сохранение и официальное распространение данного Стандарта.

Стандарт согласовывается и утверждается уполномоченными представителями Министерства Обороны Российской Федерации и Госкорпорации «Роскосмос» с привлечением, при необходимости, подведомственных организаций.

В процессе совершенствования системы ГЛОНАСС и международной нормативной базы могут изменяться состав и отдельные значения эксплуатационных характеристик ГЛОНАСС. Изменения согласованной ранее редакции Стандарта могут быть предложены любой из ответственных сторон и, в свою очередь, также должны быть согласованы и одобрены всеми ответственными сторонами. Разработчик Стандарта несет ответственность за согласование предложенных изменений со всеми ответственными сторонами и за подготовку, в случае необходимости, новой редакции документа, содержащей изменения.

1.3 Область применения

Данный Стандарт устанавливает значения эксплуатационных характеристик КСТ ГЛОНАСС (Глава 3.0).

СТЭХОС ГЛОНАСС устанавливает системные характеристики доступности, непрерывности, целостности и точности, относящиеся к космическому сегменту ГЛОНАСС, т.е. определяемые в условиях отсутствия погрешностей навигационной аппаратуры потребителя, погрешностей за счет условий распространения и приема сигнала. Для описания соответствующих характеристик НС используется термин сигнал-в-пространстве (СВП, SIS) — идеальный НС, на параметры которого не влияют погрешности распространения сигнала в ионосфере, тропосфере, погрешности НАП, многолучевость и помехи.

Данный Стандарт описывает только характеристики КСТ, т.е. характеристики РНП, создаваемого совокупностью НС с открытым доступом и частотным разделением, излучаемых в диапазонах L1, L2. Стандарт рассматривает одночастотные (L1, L2) и двухчастотный (L1/L2) режимы работы КСТ. Этот документ не распространяется на перспективные навигационные сигналы, которые будут излучаться с НКА следующих поколений.

1.4 Определение открытого сервиса ГЛОНАСС

Под ОС ГЛОНАСС подразумевается предоставление открытого доступа к совокупности генерируемых НКА ОГ ГЛОНАСС НС с открытым доступом и частотным разделением, излучаемых в диапазонах L1, L2, с характеристиками канала стандартной точности (КСТ) в обслуживаемом системой пространстве, в любой точке которого потребитель с использованием НАП за счёт реализации принципа беззапросных измерений может определить свой вектор состояния (местоположение, компоненты вектора скорости относительно принятой СК, частотно-временные поправки к шкале времени потребителя, определяемой генератором НАП). НС содержат данные навигационного сообщения, состав которого определяется актуальной редакцией Интерфейсного контрольного документа «Навигационный радиосигнал в диапазонах L1, L2 с открытым доступом и частотным разделением» системы ГЛОНАСС. ОС с характеристиками КСТ доступен любому потребителю без ограничений, глобально и непрерывно.

1.5 Обзор системы ГЛОНАСС

Система ГЛОНАСС состоит из трех основных подсистем:

- подсистема НКА – составная часть глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС), включающая в себя совокупность НКА, размещенных в нескольких орбитальных плоскостях;
- подсистема наземной космической инфраструктуры (ПНКИ) – составная часть ГНСС, включающая в себя комплекс наземных технических средств, обеспечивающих контроль и управление подсистемой НКА;
- подсистема НАП – составная часть ГНСС, включающая в себя НАП.

Данный Стандарт определяет значения системных эксплуатационных характеристик КСТ ГЛОНАСС, т.е. только для зоны ответственности подсистемы НКА и подсистемы наземной космической инфраструктуры системы ГЛОНАСС, поэтому далее рассмотрены именно эти две подсистемы системы ГЛОНАСС.

1.5.1 Подсистема навигационных космических аппаратов ГЛОНАСС

Подсистема НКА системы ГЛОНАСС состоит из 24 НКА, находящихся на почти круговых ($e=0\pm 0,01$) орбитах высотой 18 840...19440 км (номинальное значение составляет 19100 км), наклонением ($64,8\pm 0,3$) градуса, с драконическим периодом обращения 11ч 15 мин 44 с ± 5 с, в трех орбитальных плоскостях. Орбитальные плоскости разнесены по долготе на 120 градусов. В каждой орбитальной плоскости размещаются по 8 НКА с равномерным сдвигом по аргументу широты 45 градусов. Кроме этого, в смежных плоскостях НКА сдвинуты относительно друг друга по аргументу широты на 15 градусов. Такая конфигурация НКА позволяет обеспечить непрерывное и глобальное покрытие земной поверхности и околоземного пространства РНП.

Интерфейс между НКА и НАП состоит из радиолиний L-диапазона частот (рисунок 1.5.1). Каждый НКА системы ГЛОНАСС передает НС в двух частотных поддиапазонах ($L1 \sim 1,6$ ГГц, $L2 \sim 1,25$ ГГц).

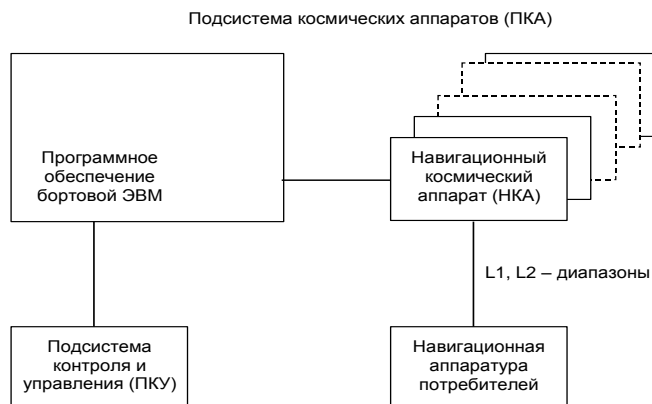


Рисунок 1.5.1 – Интерфейс НКА/НАП

Каждый НКА системы ГЛОНАСС передает НС на собственных частотах поддиапазонов L1 и L2. НКА, находящиеся в противоположных точках орбитальной плоскости (антиподные НКА), могут передавать НС на одинаковых частотах.

НКА системы ГЛОНАСС излучают НС 2-х типов в поддиапазонах L1 и L2: с открытым доступом, доступным любым потребителям; с санкционированным доступом, доступным только специальным (санкционированным) потребителям.

НС с санкционированным доступом модулирован специальным кодом (ВТ-код) и не рекомендуется к использованию без согласования с Минобороны России.

НС с открытым доступом модулирован открытым кодом, который доступен для использования неограниченному числу гражданских потребителей, в том числе зарубежных.

НС, передаваемый каждым НКА системы ГЛОНАСС на собственной несущей частоте в поддиапазонах L1 и L2, является многокомпонентным фазоманипулированным сигналом. Фазовая манипуляция несущей осуществляется на π радиан с максимальной погрешностью не более $\pm 0,2$ радиана.

Фаза несущего колебания поддиапазона L1 и фазы несущих колебаний поддиапазонов L1 и L2 в НКА системы ГЛОНАСС модулируется двоичной последовательностью, образованной суммированием по модулю два псевдослучайного дальномерного кода, цифровой информации навигационного сообщения и вспомогательного колебания типа меандр.

Основой для формирования всех перечисленных компонентов НС является бортовой стандарт частоты.

Псевдослучайный дальномерный код представляет собой последовательность максимальной длины регистра сдвига (M-последовательность) с периодом 1 мс и скоростью передачи символов 511 кбит/с.

Цифровая информация навигационного сообщения подразделяется на оперативную и неоперативную информацию. Оперативная информация относится к тому НКА, с борта которого передается данный НС. Неоперативная информация (альманах системы) относится ко всем НКА, входящим в состав подсистемы НКА.

Цифровая информация передается со скоростью 50 бит/с.

Номинальные значения несущих частот навигационных радиосигналов НКА ГЛОНАСС в частотных поддиапазонах L1 и L2 определяются следующими выражениями:

$$f_{k1} = f_{01} + K\Delta f_1;$$

$$f_{k2} = f_{02} + K\Delta f_2;$$

где:

K – номера несущих частот навигационных радиосигналов, излучаемых НКА в частотных поддиапазонах L1 и L2, соответственно;

$$f_{01} = 1602 \text{ МГц};$$

$$\Delta f_1 = 562,5 \text{ кГц, для поддиапазона L1};$$

$$f_{02} = 1246 \text{ МГц};$$

$$\Delta f_2 = 437,5 \text{ кГц, для поддиапазона L2}.$$

В данном Стандарте рассматриваются эксплуатационные характеристики КСТ ГЛОНАСС для навигационных сигналов с открытым доступом и частотным разделением в поддиапазонах L1, L2.

1.5.2 Подсистема наземной космической инфраструктуры ГЛОНАСС

Подсистема наземной космической инфраструктуры (ПНКИ) состоит из центра управления, центрального синхронизатора системы, командно-измерительных систем, системы управления, измерения и контроля, аппаратуры контроля навигационного поля и радиоконтроля орбиты, квантово-оптической (лазерной) измерительной системы.

ПНКИ ГЛОНАСС включает в себя следующие элементы (рисунок 1.4.2):

- центр управления системой (ЦУС);
- наземный командный пункт (НКП);
- центральный синхронизатор (ЦС);
- аппаратура контроля навигационного поля (АКНП);
- аппаратура контроля временных шкал (АКВШ);
- командно-измерительные пункты (КИП);
- квантово-оптические измерительные пункты (КОИП).

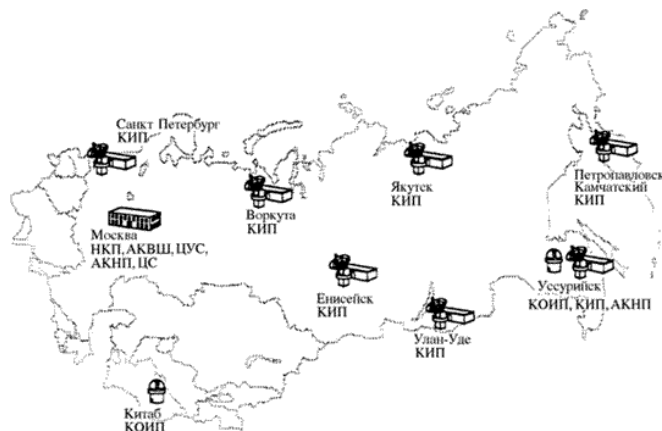


Рисунок 1.5.2 — Подсистема наземной космической инфраструктуры системы ГЛОНАСС

На рисунке 1.5.3 представлена общая схема процесса управления системой ГЛОНАСС.

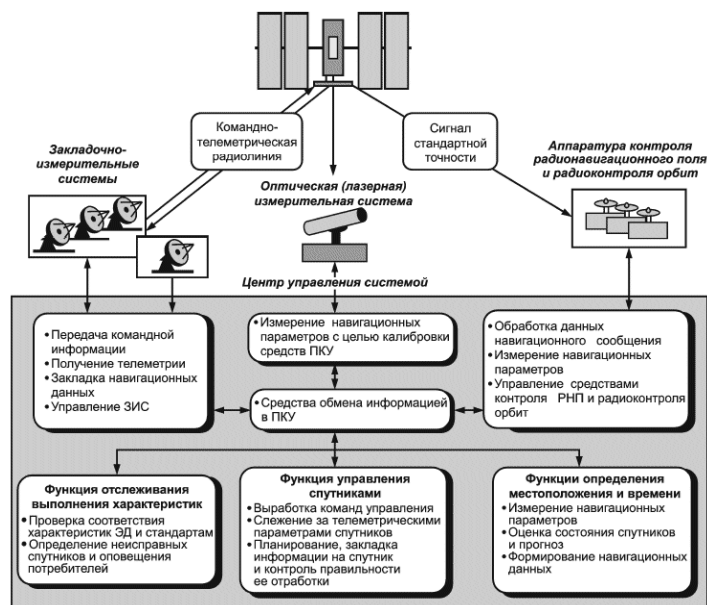


Рисунок 1.5.3 — Общая схема процесса управления системой ГЛОНАСС

Основным элементом в процессе управления ОГ является ЦУС, который на протяжении эксплуатации системы ведет непрерывное управление ОГ, выполняя следующие основные операции:

- обеспечение непрерывного функционирования НКА по целевому назначению;
- управление спутниками с обеспечением характеристик СВП в соответствии с текущей версией ИКД (на момент утверждения Стандарта – Интерфейсный контрольный документ «Глобальная навигационная спутниковая система ГЛОНАСС. Навигационный радиосигнал в диапазонах L1, L2», редакция 5.1) и настоящим Стандартом;
- формирование навигационных данных и их закладка на НКА в соответствии с эксплуатационной документацией и заданными параметрами РНП;
- оперативное выявление неисправностей и их локализацию в ОГ и в ПНКИ.

В ПНКИ используют командно–измерительные (закладочно–измерительные) системы, обеспечивающие телеметрический контроль и управление, т.е. интерфейс между каждым НКА ОГ и ЦУС.

Командно–измерительные системы выполняют также измерения дальности и приращения дальности (запросной дальности до спутника и обратно до измерительной системы), которые используют для расчета параметров орбит и синхронизации НС НКА. Одновременно с этим ПНКИ использует сеть беззапросных измерительных станций, по результатам измерений, с которых производят расчет параметров орбит и синхронизацию НС НКА по беззапросной схеме измерений.

В рабочей зоне ПНКИ также осуществляет непрерывный контроль параметров РНП системы ГЛОНАСС.

Все технические средства ПНКИ (кроме КОИП в Узбекистане) расположены на территории России. Общая зона радиовидимости средств ПНКИ для определения параметров орбиты НКА системы составляет 13 ч в сутки. Следовательно, до 5,5 ч на каждом витке НКА ГЛОНАСС находится вне зоны радиовидимости средств ПНКИ.

Глава 2. Эксплуатационные характеристики канала стандартной точности системы ГЛОНАСС для сигналов–в–пространстве и ограничения по их применению

В данной главе приведен обзор интерфейсных характеристик из ИКД на систему ГЛОНАСС и эксплуатационных характеристик СВП КСТ (CSA SIS) системы ГЛОНАСС, рассмотрены условия их применения. Интерфейсные характеристики, а также ряд эксплуатационных (доступность, непрерывность, пригодность) применимы как к навигационному сигналу, так и к сигналу–в–пространстве. Остальные эксплуатационные характеристики (точность, вероятность основного отказа обслуживания) применимы только к сигналу–в–пространстве, в связи с чем для однозначности далее будем использовать только термин «сигнал–в–пространстве».

Для определения значений эксплуатационных характеристик КСТ системы ГЛОНАСС используются представленные ниже характеристики НАП. Целью Стандарта не является наложение ограничений на производителей НАП, использующих систему ГЛОНАСС и системы на ее основе, хотя соответствие представленным характеристикам НАП и является необходимым условием для достижения заданного уровня эксплуатационных характеристик КСТ системы ГЛОНАСС, определяемых данным Стандартом. Характеристики НАП, используемые в данном Стандарте, необходимы исключительно для определения условий применения эксплуатационных характеристик СВП КСТ системы ГЛОНАСС.

2.1 Требования интерфейсного контрольного документа к сигналам–в–пространстве

Навигационные сигналы должны соответствовать техническим требованиям, относящимся к интерфейсу между подсистемой НКА и НАП ОС ГЛОНАСС, заданным в текущей редакции ИКД на систему ГЛОНАСС. В Стандарте для справки приводится краткая информация об интерфейсных характеристиках. В случае несоответствия между интерфейсными характеристиками, описанными в данном Стандарте, и ИКД (например, в период между обновлениями обоих документов), следует использовать интерфейсные характеристики ИКД.

2.2 Обзор интерфейсных характеристик открытого сервиса системы ГЛОНАСС для сигналов–в–пространстве

В данном разделе рассмотрены интерфейсные характеристики ОС ГЛОНАСС для НС двух категорий:

- радиочастотные характеристики (несущая частота и модуляция);
- характеристики навигационного сообщения (структура, состав и протоколы).

2.2.1 Радиочастотные характеристики сигналов–в–пространстве открытого сервиса системы ГЛОНАСС

СВП для ОС ГЛОНАСС передаются НКА в частотных диапазонах L1, L2, определенном в текущей редакции ИКД на ГЛОНАСС (на момент утверждения Стандарта — редакция 5.1). СВП являются многокомпонентными фазоманипулированными. Фазовая манипуляция несущей осуществляется на π радиан с максимальной погрешностью не более $\pm 0,2$ радиана. Фазы несущих колебаний поддиапазонов L1 и L2 модулируется двоичной последовательностью, образованной суммированием по модулю псевдослучайного дальномерного кода, цифровой информации навигационного сообщения и вспомогательного колебания типа меандр. Псевдослучайный дальномерный код представляет собой последовательность максимальной длины регистра сдвига (M–последовательность) с периодом 1 мс и скоростью передачи символов 511 кбит/с.

Мощность СВП, принимаемого потребителем от НКА, на выходе приемной линейно поляризованной антенны с коэффициентом усиления +3 дБ и при угле места 5 градусов составляет от –161 до –155.2 дБВт для частот поддиапазонов L1, L2.

Излучаемый каждым НКА ГЛОНАСС СВП в поддиапазонах L1, L2 имеет правую круговую поляризацию.

Каждый НКА ГЛОНАСС передает на своей несущей частоте СВП, модулированный двоичной последовательностью посредством BPSK (Binary Phase Shift Key, двоичная фазовая манипуляция). Фазовая манипуляция частоты производится на π радиан с максимальной погрешностью $\pm 0,2$ рад. Псевдослучайная кодовая последовательность повторяется каждую миллисекунду.

Модулирующая последовательность, используемая при формировании СВП открытого доступа для модуляции несущих частот поддиапазонах L1, L2, образуется сложением по модулю трех двоичных сигналов:

- псевдослучайного дальномерного кода, передаваемого со скоростью 511 кбит/с;
- навигационного сообщения, передаваемого со скоростью 50 бит/с;
- вспомогательного меандрового колебания, передаваемого со скоростью 100 бит/с.

Корреляционные потери обусловлены неидеальностью модулятора и ограничением спектра СВП в передатчике и не превышают 0.8 дБ.

Внутрисистемные радиопомехи определяются взаимокорреляционными свойствами используемого в составе СВП дальномерного псевдослучайного кода с учетом частотного разделения СВП. При приеме СВП с литером частоты $K = n$, помехи, создаваемые СВП с номером частоты $K = n-1$ или $K = n+1$, ослаблены не менее, чем на 48 дБ относительно мощности СВП с литером частоты $K = n$ при условии нахождения НКА, излучающих эти СВП, в зоне видимости.

Все составляющие передаваемого НКА СВП когерентно сформированы из частоты единого бортового стандарта.

Более подробные сведения о радиочастотных характеристиках СВП для ОС системы ГЛОНАСС представлены в текущей версии ИКД на ГЛОНАСС (на момент утверждения Стандарта — редакция 5.1).

2.2.2 Характеристики навигационного сообщения открытого сервиса системы ГЛОНАСС для сигналов-в-пространстве

В состав навигационного сообщения входит оперативная и неоперативная информация.

Оперативная информация относится к тому НКА, с борта которого передается данный СВП, и содержит:

- оцифровку меток времени НКА;
- сдвиг шкалы времени НКА относительно шкалы времени системы ГЛОНАСС;
- относительное отличие несущей частоты излучаемого СВП от номинального значения;
- эфемериды НКА и другие параметры.

Неоперативная информация содержит альманах системы, включающий в себя:

- данные о состоянии всех НКА системы (альманах состояния);
- сдвиг шкалы времени каждого НКА относительно шкалы времени системы ГЛОНАСС (альманах фаз);
- параметры орбит всех НКА системы (альманах орбит);
- сдвиг шкалы времени системы ГЛОНАСС относительно UTC(SU) и другие параметры.

Навигационное сообщение передается в виде потока цифровой информации (ЦИ), закодированной по коду Хемминга и преобразованной в относительный код. Структурно поток ЦИ формируется в виде непрерывно повторяющихся суперкадров. Суперкадр состоит из нескольких кадров, а кадр состоит из нескольких строк ЦИ. Границы строк, кадров и суперкадров различных НКА синхронны с погрешностью не более 2 мс.

Суперкадр имеет длительность 2.5 мин и состоит из 5 кадров длительностью 30 с. Каждый кадр состоит из 15 строк длительностью 2 с. В пределах каждого суперкадра передается полный объем неоперативной информации (альманах) для всех 24 НКА системы ГЛОНАСС. На рисунке 2.2–1 приведена структура суперкадра с указанием номеров кадров в суперкадре и номеров строк в кадрах.

Навигационный кадр является частью суперкадра. Каждый навигационный кадр имеет длительность 30 с и состоит из 15 строк длительностью 2 с каждая. В пределах каждого кадра передается полный объем оперативной ЦИ для данного НКА и часть неоперативной ЦИ. Навигационные кадры с 1–го по 4–ый идентичны. В каждом кадре суперкадра информация, содержащаяся в строках с 1–ой по 4–ую, относится к тому НКА, с которого она поступает (оперативная информация). Эта информация в пределах суперкадра не меняется.

Строки с 6-й по 15-ю каждого кадра заняты неоперативной информацией (альманах) для 24 НКА системы: по пяти спутникам в кадрах с 1-го по 4-ый и по 4-м НКА в 5-м кадре. Неоперативная информация (альманах) для одного НКА занимает 2 строки. Информация пятой строки в кадре относится к неоперативной информации и повторяется в каждом кадре суперкадра.

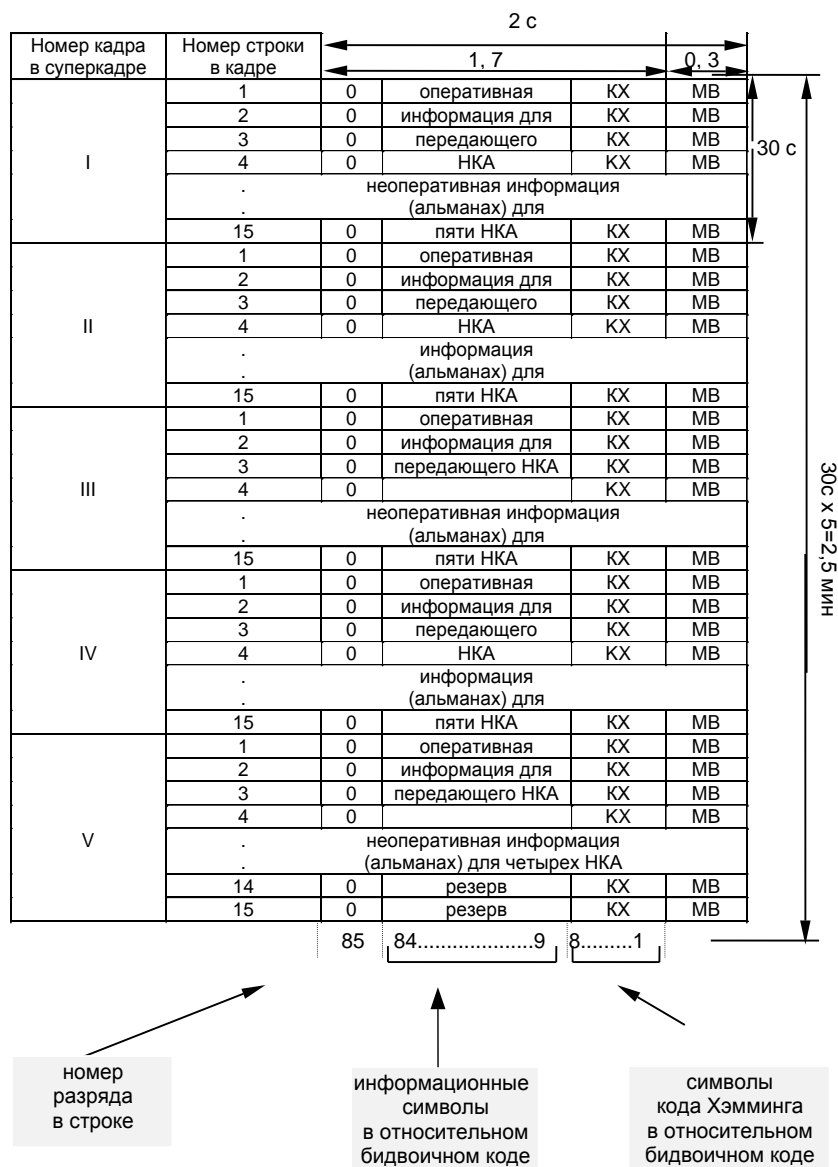


Рисунок 2.2.1 — Структура суперкадра навигационного сообщения ГЛОНАСС

Распределение альманаха системы ГЛОНАСС, передаваемого в пределах суперкадра по навигационным кадрам показано в таблице 2.2.1.

Таблица 2.2.1 – Распределение альманаха системы ГЛОНАСС по кадрам суперкадра

Номер кадра в суперкадре	Номера НКА, для которых в данном кадре передается альманах
1	1 – 5
2	6 – 10
3	11 – 15
4	16 – 20
5	21 – 24

Параметры эфемерид НКА периодически определяются подсистемой наземной космической инфраструктуры и закладываются на все НКА системы.

Более подробная информация по структуре и содержанию навигационного кадра и сообщения ГЛОНАСС представлены в ИКД на ГЛОНАСС (редакция 5.1).

2.3 Обзор эксплуатационных характеристик сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Ниже приведено описание следующих эксплуатационных характеристик СВП КСТ системы ГЛОНАСС: пригодность, доступность, точность, вероятность основного отказа, непрерывность и точность передачи расхождения шкалы времени системы (ШВС) и шкалы UTC(SU).

Этот обзор характеристик СВП является логическим продолжением описания СВП, транслируемых НКА ГЛОНАСС. В наиболее общем виде СВП от НКА может рассматриваться как отслеживаемый и неотслеживаемый. Отслеживаемый СВП – это такой СВП, который может быть обработан НАП в степени, достаточной для классификации его как пригодного или непригодного. Отметим, что только для отслеживаемых и пригодных СВП задаются значения эксплуатационных характеристик КСТ системы ГЛОНАСС, таких как точность, вероятность основного отказа и непрерывность. Последняя характеристика, рассмотренная в этом разделе, относится к точности передачи в навигационном сообщении смещения между шкалами времени ГЛОНАСС и UTC (SU), находится на системном уровне и является независимой от излучающего СВП НКА.

2.3.1 Пригодность сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Пригодность СВП КСТ системы ГЛОНАСС – показатель, который определяется информацией о пригодности, передаваемой в реальном времени в навигационном сообщении. В данном Стандарте рассматривается два состояния пригодности СВП:

- «пригодный» (healthy SIS): СВП считается пригодным, если выполняются одновременно следующие условия:
 - СВП в диапазоне L1 с открытым доступом отслеживается;
 - СВП в диапазоне L2 с открытым доступом отслеживается (только при оценке характеристик двухчастотного режима (L1/L2));
 - в составе СВП передается навигационное сообщение установленной структуры и с определенным содержанием;
 - НКА является пригодным по признаку из оперативной ЭВИ;
 - НКА является пригодным по признаку из альманаха;
- «непригодный»: СВП считается непригодным, если выполняется хотя бы одно из условий:
 - отсутствуют эфемериды НКА;
 - установлен флаг непригодности эфемерид;
 - НКА непригоден по данным альманаха
 - СВП в диапазоне L1 с открытым доступом не отслеживается;
 - СВП в диапазоне L2 с открытым доступом не отслеживается (только при оценке характеристик двухчастотного режима (L1/L2)).

Обобщая вышесказанное, пригодный СВП обязательно является отслеживаемым, но отслеживаемый сигнал не обязательно пригодный. Непригодный СВП может быть, как отслеживаемым, так и не отслеживаемым.

2.3.2 Доступность сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Доступность СВП КСТ системы ГЛОНАСС – способность системы поддерживать в ОГ необходимое количество работоспособных НКА и пригодных СВП КСТ. В данном Стандарте рассматриваются две компоненты доступности:

- доступность орбитальной точки (SIS Per-slot Availability) — способность системы обеспечивать нахождение НКА, излучающего пригодный НС, в рабочей точке ОГ. Характеристика рассчитывается как доля времени на заданном интервале, когда рабочая точка номинальной ОГ ГЛОНАСС занята НКА, передающим пригодный СВП;
- доступность ОГ (SIS Constellation Availability) — способность системы обеспечивать нахождение в составе ОГ необходимого для достижения заданных характеристик пространственного геометрического фактора количества НКА, излучающих пригодные СВП. Характеристика рассчитывается как доля времени на заданном интервале, когда в определенном количестве орбитальных точек номинальной ОГ ГЛОНАСС находятся НКА, передающие пригодные СВП;

В системе ГЛОНАСС предусмотрено наличие орбитального резерва в виде ряда НКА, находящихся не в орбитальной точке, а в ее окрестностях. Данные НКА отсутствуют в альманахе и не передают СВП. НКА орбитального резерва могут быть оперативно введены в состав ОГ ГЛОНАСС для замены вышедшего из строя (или выведенного из состава номинальной ОГ) НКА. НКА орбитального резерва не являются объектом рассмотрения для данного Стандарта, и, соответственно, оценка их эксплуатационных характеристик возможна только с момента их официального ввода в состав номинальной ОГ ГЛОНАСС.

2.3.3 Точность сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Точность СВП КСТ системы ГЛОНАСС определяется двумя статистическими методами. Первый определяет точность СВП КСТ как 95%-ное значение глобальной средней погрешности псевдодальности за счет космического сегмента (95% Global Average SIS URE) на эргодическом интервале, а второй – как предельное значение глобальной средней SIS URE и SIS URE в наихудшей точке при заданном уровне надежности. Другие, связанные с точностью, характеристики СВП КСТ включают в себя скорость изменения SIS URE, определяемую как 95%-ное значение глобальной средней скорости изменения SIS URE (95% Global Average SIS URRE), и ускорение изменения SIS URE, определяемое как 95%-ное значение глобального среднего ускорения изменения SIS URE (95% Global Average SIS URAE).

2.3.4 Основной отказ обслуживания сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Вероятность основного отказа обслуживания является упрощенной характеристикой целостности ГНСС, отличающейся от целостности отсутствием такой характеристики, как время оповещения и тем, что порог, который не должен быть превышен, задан не для точности местоопределения, а для эквивалентной погрешности псевдодальности (ЭПД). Характеристика была выбрана из-за недостаточности средств, входящих в состав ГНСС, для своевременного (с требуемыми для критических потребителей характеристиками) оповещения о нарушении целостности. Под критическими потребителями понимаются потребители, деятельность которых связана с обеспечением безопасности жизнедеятельности. Основными средствами обеспечения целостности остаются алгоритмы RAIM в НАП и функциональные дополнения типа SBAS. Вероятность основного отказа может использоваться в качестве исходных данных для отработки указанных дополняющих средств.

Термин «основной (или значительный) отказ» введен в разделе Аппенд 10 SARPs ICAO по ГЛОНАСС и соответствует классификации рисков ИКАО (Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП), Doc. 9859), т.е. может привести к полному выходу из строя существенных/основных бортовых систем или применению схем выполнения полета в аварийном режиме.

Основной отказ в навигационном обслуживании по СВП КСТ (SIS URE Major Service Failure) определяется как событие, происходящее в определенный период времени, в течение которого признаки пригодности НКА в навигационном сообщении являются ложными, т.е. значение SIS URE превышает предельное значение, при котором должен быть выставлен признак непригодности НКА.

В данном Стандарте задаются следующие характеристики основного отказа обслуживания: вероятность основного отказа обслуживания и уровень превышения SIS URE.

Вероятность основного отказа обслуживания КСТ. Вероятность основного отказа обслуживания определяется как процент времени в течение оговоренного временного интервала, когда значение SIS URE для пригодного СВП превышает предельное значение.

Уровень превышения потребительской погрешности определения дальности. Уровень превышения потребительской погрешности определения дальности для пригодных СВП КСТ системы ГЛОНАСС составляет 70 м. Для непригодного сигнала данный уровень не задается.

2.3.5 Непрерывность сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Непрерывность пригодных СВП КСТ системы ГЛОНАСС определяется как вероятность того, что НКА, являющийся пригодным в начале заданного интервала, не перестанет быть пригодным в течение заданного интервала времени без предварительного своевременного оповещения. То есть запланированные перерывы, о которых потребители должны быть оповещены не позднее чем за 48 ч до их наступления, не приводят к ухудшению непрерывности. О запланированных перерывах СВП КСТ системы ГЛОНАСС сообщается ЦУС ГЛОНАСС в сообщениях ЦУС (NAGU) – компьютерных бюллетенях, публикуемых в оперативном режиме на официальном сайте Госкорпорации «Роскосмос» – www.glonass-center.ru (ведется ИАЦ КВНО ФГУП ЦНИИмаш).

2.3.6 Точность передачи смещения UTC(SU)–ШВС в навигационных сообщениях сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Точность передачи смещения UTC(SU)–ШВС для пригодных СВП КСТ определяется как погрешность (при вероятности 95%) смещения времени UTC(SU)–ШВС, передаваемого в навигационном сообщении, относительно действительного значения смещения в течение заданного интервала времени.

2.4 Обзор эксплуатационных характеристик канала стандартной точности системы ГЛОНАСС в части определения местоположения и времени

Ниже приведено описание следующих эксплуатационных характеристик КСТ в части определения местоположения и времени: доступность навигационного поля, доступность услуги местоопределения, точность услуги определения местоположения и времени.

Доступность навигационного поля (PDOP Availability) КСТ ГЛОНАСС – способность системы поддерживать заданные характеристики пространственного геометрического фактора (PDOP), рассчитанного по пригодным СВП КСТ. Характеристика определяется как доля времени на заданном интервале, когда PDOP, рассчитанный по пригодным СВП, не превышает заданного значения. Пространственный геометрический фактор – это коэффициент пропорциональности между среднеквадратической погрешностью определения пространственных координат НАП и среднеквадратической погрешностью определения псевдодальности до НКА.

Доступность услуги местоопределения (Position Service Availability) КСТ ГЛОНАСС – способность системы обеспечивать проведение определений местоположения НАП, принимающего пригодные СВП КСТ, с заданными точностными характеристиками. В данном Стандарте рассматриваются две компоненты доступности:

- доступность услуги горизонтального местоопределения. Характеристика рассчитывается как доля времени на заданном интервале времени, когда погрешность определения местоположения НАП в горизонтальной плоскости не превышает предельного значения;

- доступность услуги вертикального местоопределения. Характеристика рассчитывается как доля времени на заданном интервале времени, когда погрешность определения местоположения НАП в вертикальной плоскости не превышает предельного значения.

В данном разделе рассмотрены две точностные характеристики:

- точность услуги местоопределения КСТ ГЛОНАСС, которая определяется двумя составляющими:
 - осредненное по поверхности 95%-ное значение погрешности местоопределения в горизонтальной (вертикальной) плоскости на заданном интервале;
 - 95%-ное значение погрешности местоопределения в горизонтальной (вертикальной) плоскости на заданном интервале в наихудшей точке;
- точность услуги определения времени КСТ ГЛОНАСС, которая определяется как глобальная средняя погрешность передачи времени UTC(SU) (Global Average Time transfer error) на заданном интервале с заданным уровнем надежности.

2.5 Условия применения эксплуатационных характеристик канала стандартной точности ГЛОНАСС

Данный Стандарт ограничен рядом приведенных ниже условий, касающихся использования СВП КСТ системы ГЛОНАСС.

2.5.1 Потребитель канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Данный Стандарт рассчитан на потребителя с НАП, работающей по СВП КСТ системы ГЛОНАСС. В Стандарте предполагается, что данная НАП соответствует техническим требованиям интерфейса между подсистемой НКА ГЛОНАСС и НАП, установленным в текущей редакции ИКД на систему ГЛОНАСС (на момент утверждения Стандарта — редакция 5.1).

2.5.2 Радионавигационный сигнал в частотных диапазонах L1, L2

В данном Стандарте предполагается, что НАП способна выполнять отслеживание, прием и обработку СВП, излучаемых НКА ГЛОНАСС в частотных диапазонах L1, L2.

Предполагается выполнение измерений кодовых псевдодальностей по данным СВП. Фазовые измерения в рамках данного Стандарта не рассматриваются.

2.5.3 Использование сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

В данном Стандарте предполагается, что НАП будет использовать только те СВП КСТ системы ГЛОНАСС, которые являются пригодными.

2.5.4 Информации о пригодности НКА системы ГЛОНАСС

2.5.4.1 Совокупность информации о пригодности НКА системы ГЛОНАСС

В данном Стандарте предполагается, что НАП будет определять пригодность НКА по совокупности признаков пригодности, передаваемых в реальном времени в оперативной ЭВИ и в альманахе этим или другим НКА. То есть для определения пригодности НКА по данным навигационного сообщения НАП должен использовать информацию как из оперативной части сообщения, так и из неоперативной, в соответствии с ИКД ГЛОНАСС.

2.5.4.2 Своевременное применение информации о пригодности НКА системы ГЛОНАСС

В данном Стандарте предполагается, что НАП будет выполнять мониторинг, обработку, а также осуществлять использование информации о пригодности каждого НКА каждый раз по мере трансляции данной информации. Для информации о пригодности, транслируемой в реальном времени в составе навигационного сообщения, предполагается время применимости продолжительностью в 2 с после конца подкадра навигационного сообщения, содержащего определенную часть информации реального времени о пригодности.

2.5.5 Исключаемые погрешности

При определении значений эксплуатационных характеристик, заданных в Главе 3.0 данного Стандарта, не учитываются источники погрешностей, не находящиеся под непосредственным контролем подсистемы НКА и ПНКИ. Исключаются из рассмотрения следующие источники погрешностей:

- искажения СВП КСТ, вызванные ионосферными или тропосферными возмущениями;
- остаточные погрешности компенсации ионосферной задержки в НАП;
- остаточные погрешности компенсации тропосферной задержки в НАП;
- систематические погрешности измерения дальности в каналах НАП;
- шумы НАП;
- сбои аппаратно-программного обеспечения НАП;
- многолучевость распространения СВП;
- эффекты, связанные с антенной системой НАП;
- человеческий фактор.

Глава 3. Значения эксплуатационных характеристик и ограничения канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

В этой главе определяются значения эксплуатационных характеристик КСТ системы ГЛОНАСС.

3.1 Обзор

Эксплуатационные характеристики СВП КСТ системы ГЛОНАСС определены в терминах минимальных эксплуатационных характеристик. При определении значений каждой эксплуатационной характеристики (целостность, доступность и др.) применяются различные условия и ограничения. Фраза «любой пригодный СВП КСТ системы ГЛОНАСС», применяемая в форме условия и ограничения при определении значений любых эксплуатационных характеристик, относится к конкретному СВП, передаваемому от каждого НКА.

Подробные формализованные методики расчета эксплуатационных характеристик КСТ приведены в Приложении А.

При определении значений эксплуатационных характеристик не учитываются элементы системы ГЛОНАСС, не находящиеся под непосредственным контролем подсистемы НКА и ПНКИ. Характеристики, не рассмотренные в данной главе, не являются объектами данного Стандарта.

Приведенные значения эксплуатационных характеристик СВП КСТ системы ГЛОНАСС не являются прямым отображением потребительских характеристик, получаемых конечным потребителем. Данный Стандарт задает значения эксплуатационных характеристик ГЛОНАСС, которые в сочетании с условиями приема СВП и априорными оценками характеристик НАП могут позволить потребителю оценить для себя конечные характеристики, которые он может получить при решении своей конкретной задачи.

Определенные в Стандарте характеристики имеют крайне малое значение для среднего потребителя (пилот, водитель и др.), но они являются крайне важными для производителей НАП, использующих систему ГЛОНАСС, систем на их основе, инженеров в различных прикладных областях использования ГЛОНАСС, разработчиков инфраструктуры и функциональных дополнений ГЛОНАСС, операторов ПНКИ.

3.2 Определение номинальной структуры орбитальной группировки

Номинальная структура ОГ системы ГЛОНАСС состоит из 24 орбитальных точек в 3 орбитальных плоскостях по 8 орбитальных точек в каждой. НКА размещены в орбитальных точках в соответствии с таблицей 3.2.1. Параметры опорной орбиты НКА ГЛОНАСС заданы в таблице 3.2.2. Орбитальные точки номинальной структуры ОГ системы ГЛОНАСС определены в терминах долготы восходящего узла (Ω) и аргумента широты (u) на опорную эпоху. Таблицы 3.2.1 и 3.2.2 задают геометрическое построение номинальной структуры ОГ системы ГЛОНАСС из 24 НКА.

Таблица 3.2.1 — Распределение орбитальных точек номинальной структуры ОГ из 24 НКА на опорную эпоху.

Орб. точка	Ω , град	u , град	Орб. точка	Ω , град	u , град
1	251° 15' 00"	145° 26' 37"	13	11° 15' 00"	340° 26' 37"
2	251° 15' 00"	100° 26' 37"	14	11° 15' 00"	295° 26' 37"
3	251° 15' 00"	55° 26' 37"	15	11° 15' 00"	250° 26' 37"
4	251° 15' 00"	10° 26' 37"	16	11° 15' 00"	205° 26' 37"
5	251° 15' 00"	325° 26' 37"	17	131° 15' 00"	175° 26' 37"
6	251° 15' 00"	280° 26' 37"	18	131° 15' 00"	130° 26' 37"
7	251° 15' 00"	235° 26' 37"	19	131° 15' 00"	85° 26' 37"
8	251° 15' 00"	190° 26' 37"	20	131° 15' 00"	40° 26' 37"
9	11° 15' 00"	160° 26' 37"	21	131° 15' 00"	355° 26' 37"
10	11° 15' 00"	115° 26' 37"	22	131° 15' 00"	310° 26' 37"
11	11° 15' 00"	70° 26' 37"	23	131° 15' 00"	265° 26' 37"
12	11° 15' 00"	25° 26' 37"	24	131° 15' 00"	220° 26' 37"

Примечание: Опорная эпоха: 00^h 00^m 00^s UTC (SU) 1 января 1983 г.

Необходимо отметить, что реальные значения долгот восходящих узлов в ОГ будут меняться в течение срока эксплуатации каждого НКА вследствие влияния возмущений и скорости прецессии орбитальных плоскостей. Средняя скорость прецессии орбитальных плоскостей составляет $-0.59251 \cdot 10^{-3}$ рад/сут.

Таблица 3.2.2 — Параметры опорной орбиты НКА ГЛОНАСС

Параметр опорной орбиты	Номинальное значение	Рабочий диапазон
Большая полуось, км	25508.2	–
Эксцентриситет	0	0 – 0.005
Наклонение, град	64.8	± 3
Долгота восходящего узла, град	См. табл. 3.2–1	± 180
Аргумент перигея, град	0.0	± 180
Аргумент широты, град	См. табл. 3.2–1	± 180

Примечание: Значение большой полуоси соответствует невозмущенному движению НКА с периодом обращения, равным номинальному значению драконического периода (40544 с). Допустимые отклонения драконического периода ± 0.5 с.

Интервал повторяемости трасс движения НКА и зон радиовидимости НКА наземными средствами составляет 17 витков (7 суток 23 ч 27 мин 28 с).

Максимальные уходы НКА относительно идеального положения на орбите не превышают ± 5 градусов.

3.3 Зона действия канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

В данном разделе определены значения зоны действия КСТ системы ГЛОНАСС.

Рассмотрены две составляющие зоны действия КСТ ГЛОНАСС: зона действия НКА и зона действия системы. Эти две составляющие взаимосвязаны.

Зона действия НКА определена как область пространства, в которой излучается НС одного НКА и оцениваются эксплуатационные характеристики КСТ ГЛОНАСС. Зона действия НКА в основном зависит от конструкции антенной системы НКА, точности расположения НКА на орбите и высоты НКА (диапазон допустимых значений которой определяется структурой ОГ).

Зона действия системы определена как область пространства, покрытая радионавигационным полем, и в которой оцениваются заданные характеристики КСТ ГЛОНАСС. Зона действия системы в основном зависит от зон действия каждого НКА и параметров номинальной структуры ОГ из 24 НКА.

3.3.1 Зона действия НКА (Per-slot coverage)

Зона действия каждого НКА наряду с наземной частью включает в себя часть околоземного пространства от поверхности Земли до высоты 2 000 км, отсчитываемой от подспутниковой точки рассматриваемого НКА. Значения характеристики покрытия для одного НКА даны применительно к худшему случаю ориентации на Землю антенной системы НКА.

Расширенная зона действия каждого НКА включает в себя часть околоземного пространства от высоты 2 000 км над поверхностью Земли до высоты 36000 км.

Значения характеристики зоны действия НКА представлены в таблице 3.3.1. Таблица 3.3.1 — Значения характеристики зоны действия НКА КСТ ГЛОНАСС

Зона действия НКА	Условия и ограничения
Зона действия: <ul style="list-style-type: none"> • 100%-ное покрытие Расширенная зона действия: <ul style="list-style-type: none"> • требования не задаются 	<ul style="list-style-type: none"> • Для каждого НКА, используемого по ЦН, вне зависимости от его пригодности

Примечание: Покрытие для одного НКА также характеризуется показателями мощности СВП НКА, которые задаются в ИКД на ГЛОНАСС (редакция 5.1). Мощность СВП, принимаемого потребителем от НКА системы ГЛОНАСС, на выходе приемной линейно поляризованной антенной системы с коэффициентом усиления +3 дБ и при угле места 5 градусов составляет не менее минус 161 дБВт для частот поддиапазона L1 и не менее минус 167 дБВт для частот поддиапазона L2.

3.3.2 Зона действия системы (Constellation Coverage)

Зона действия системы наряду с наземной частью включает в себя часть околоземного пространства от поверхности Земли до высоты 2 000 км.

Расширенная зона действия системы включает в себя часть околоземного пространства от высоты 2 000 км над поверхностью Земли до высоты 36 000 км.

Значения зоны действия системы представлены в таблице 3.3.2.

Таблица 3.3.2 — Значения покрытия для номинальной структуры ОГ из 24 НКА.

Зона действия системы	Условия и ограничения
Зона обслуживания: <ul style="list-style-type: none"> • 100%-ное покрытие Расширенная зона обслуживания: <ul style="list-style-type: none"> • требования не задаются 	<ul style="list-style-type: none"> • Для всех НКА, используемых по ЦН, вне зависимости от их пригодности

3.4 Точность сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

В данном разделе определены значения точности СВП КСТ системы ГЛОНАСС. Значения этой характеристики являются одной из основных составляющих ЭПД.

Значения определены для четырех основных составляющих эксплуатационной характеристики точности СВП:

- точность определения дальности (погрешность псевдодальности за счет космического сегмента — SIS URE);
- первая производная по времени от точности определения дальности (скорость изменения погрешности псевдодальности за счет космического сегмента — SIS URRE);
- вторая производная по времени от точности определения дальности (ускорение изменения погрешности псевдодальности за счет космического сегмента — SIS URAE);
- точность передачи смещения UTC(SU)–ШВС (UTC0E).

Значения для каждой из четырех основных составляющих точности СВП определяются в терминах «глобального среднего». В этом случае «глобальное среднее» означает мгновенное среднеквадратическое значение, вычисленное на конкретный момент времени по части поверхности Земли, ограниченной зоной действия одного НКА. Затем по совокупности мгновенных «глобальных средних» значений рассчитывается статистическая характеристика на заданном временном интервале. Большая часть значений эксплуатационных характеристик КСТ ГЛОНАСС в этом разделе выражены в виде значений, соответствующих 95%-му уровню распределения глобальной средней SIS URE на интервале от 1 до 30 суток. 95%-ный уровень глобального среднего может рассчитываться отдельно по каждому НКА или по всей ОГ.

При оценке предельных значений SIS URE с заданным уровнем надежности помимо глобальной средней используется оценка SIS URE в наихудшей точке, рассчитываемая как максимальная погрешность SIS URE, определенная на конкретный момент времени на заданном пространстве. Подробнее о расчете глобальной средней SIS URE и SIS URE в наихудшей точке — в разделе В.1 Приложения В.

Значения точности СВП КСТ, определенные в данном разделе, применимы только для пригодных НКА.

Примечания:

- 1. Значения характеристик не применимы за пределами зоны действия КСТ ГЛОНАСС, определенной в разделе 3.3.*
- 2. Эргодический интервал определен как интервал, достаточный для накопления репрезентативной выборки, т.е. содержит минимальный необходимый и достаточный объем статистических данных для объективной оценки характеристик на любом интервале времени выше эргодического. При оценке точности SIS URE для каждого НКА эргодический интервал составляет 30 суток. При оценке точности SIS URE по всей ОГ достаточно суточного интервала.*

3.4.1 Точность SIS URE канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Точность SIS URE канала стандартной точности системы ГЛОНАСС приведена в таблице 3.4.1.

Таблица 3.4.1 — Точность SIS URE канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Точность SIS URE	Условия и ограничения
<p>Для одночастотного режима L1 (L2):</p> <ul style="list-style-type: none"> • $\leq 11,7$ м — 95%-ная глобальная средняя погрешность псевдодальности за счет космического сегмента по каждому НКА (95% Global Average SIS URE for any healthy SIS) 	<ul style="list-style-type: none"> • Для каждого пригодного СВП. • Интервал оценки — 30 суток • Без учета влияния ионосферы
<p>Для двухчастотного режима L1/L2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $\leq 11,7$ м — 95%-ная глобальная средняя погрешность псевдодальности за счет космического сегмента по каждому НКА (95% Global Average SIS URE for any healthy SIS) 	<ul style="list-style-type: none"> • Для каждого пригодного СВП. • Интервал оценки — 30 суток • Без учета межлитерных и межчастотных задержек бортовой аппаратуры и аппаратуры потребителей
<p>Для одночастотного режима L1 (L2):</p> <ul style="list-style-type: none"> • $\leq 7,8$ м — 95%-ная глобальная средняя погрешность псевдодальности за счет космического сегмента по всей ОГ (95% Global Average SIS URE over all healthy SIS) на суточном интервале 	<ul style="list-style-type: none"> • По всем пригодным СВП в ОГ • Интервал оценки — 24 ч • Без учета влияния ионосферы
<p>Для двухчастотного режима L1/L2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • $\leq 7,8$ м — 95%-ная глобальная средняя погрешность псевдодальности за счет космического сегмента по всей ОГ (95% Global Average SIS URE over all healthy SIS) на суточном интервале 	<ul style="list-style-type: none"> • По всем пригодным СВП в ОГ • Интервал оценки — 24 ч • Без учета межлитерных и межчастотных задержек бортовой аппаратуры и аппаратуры потребителей

Точность SIS URE	Условия и ограничения
<p>Для одночастотного режима L1 (L2):</p> <ul style="list-style-type: none"> • ≤ 18 м — глобальная средняя погрешность псевдодальности за счет космического сегмента (Global Average SIS URE) с надежностью 99,37% • ≤ 18 м — погрешность псевдодальности за счет космического сегмента в наихудшей точке (Worst Case Single Point Average SIS URE) с надежностью 99,14% 	<ul style="list-style-type: none"> • Для каждого пригодного СВП. • Интервал оценки показателей надежности — 1 год с посуточным осреднением • Без учета влияния ионосферы
<p>Для двухчастотного режима L1/L2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ≤ 18 м — глобальная средняя погрешность псевдодальности за счет космического сегмента (Global Average SIS URE) с надежностью 99,37% • ≤ 18 м — погрешность псевдодальности за счет космического сегмента в наихудшей точке (Worst Case Single Point Average SIS URE) с надежностью 99,14% 	<ul style="list-style-type: none"> • Для каждого пригодного СВП. • Интервал оценки показателей надежности — 1 год с посуточным осреднением • Без учета межлитерных и межчастотных задержек бортовой аппаратуры и аппаратуры потребителей

Примечания:

1. В Стандарте приведены характеристики SIS URE вне зависимости от возраста ЭВИ, что является наиболее ощутимой характеристикой по влиянию SIS URE непосредственно на НАП, работающие по ОС ГЛОНАСС.
2. 95%-ная глобальная средняя погрешность псевдодальности за счет космического сегмента, усредненная по всем СВП в ОГ, ≤ 7.8 м эквивалентна значению средней по ОГ СКП псевдодальности за счет космического сегмента ≤ 4 м, подразумевающей нормальное распределение ЭВИ относительно нулевого среднего.
3. Возможно использование отдельно одночастотного режима L2. В этом случае необходимо учесть межчастотную задержку L1–L2, передаваемую в навигационном кадре в соответствии с ИКД.

4. С учетом возможного различия в калибровке межчастотных и межлитерных задержек аппаратуры, используемой для расчета ЭВИ ГЛОНАСС, и многообразной навигационной аппаратуры потребителей, межчастотная поправка, передаваемая в навигационном кадре, менее эффективна, чем калибровка НАП. В связи с этим характеристики двухчастотного режима приведены для калиброванной аппаратуры без учета межлитерных и межчастотных задержек, вносимых бортовой аппаратурой и аппаратурой потребителей.

3.4.2 Точность SIS URRE канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Точность SIS URRE канала стандартной точности системы ГЛОНАСС приведена в таблице 3.4.2.

Таблица 3.4.2 — Точность SIS URRE канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Точность SIS URRE	Условия и ограничения
<ul style="list-style-type: none"> • ≤ 0.014 м/с — 95%-ная глобальная средняя скорость изменения погрешности псевдодальности за счет космического сегмента (95% Global Average SIS URRE) 	<ul style="list-style-type: none"> • Для каждого пригодного СВП. • Интервал оценки — 30 суток • Независимо от SIS URRE, получаемой при смене данных навигационного сообщения.

Примечание: Значения характеристик при «нормальном» обслуживании согласованы со стабильностью бортовых генераторов частоты на 3-х-секундном интервале.

3.4.3 Точность SIS URAE канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Точность SIS URAE канала стандартной точности системы ГЛОНАСС приведена в таблице 3.4.3.

Таблица 3.4.3 — Точность SIS URAE канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Точность SIS URAE	Условия и ограничения
<ul style="list-style-type: none"> • $\leq 0.005 \text{ м/с}^2$ — 95%-ное глобальное среднее ускорение изменения погрешности псевдодалности за счет космического сегмента (95% Global Average SIS URAE) 	<ul style="list-style-type: none"> • Для каждого пригодного СВП. • Интервал оценки — 30 суток • Независимо от SIS URRE, получаемой при смене данных навигационного сообщения.

Примечание: Значения характеристик при «нормальном» обслуживании согласованы со стабильностью бортовых генераторов частоты на интервале в 3 с.

3.4.4 Точность передачи смещения UTC(SU)–ШВС (SIS UTCOE) канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Точность SIS UTCOE канала стандартной точности системы ГЛОНАСС приведена в таблице 3.4.4.

Таблица 3.4.4 — Точность SIS UTCOE канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Точность SIS UTCOE	Условия и ограничения
<ul style="list-style-type: none"> • $\leq 40 \text{ нс}$ — 95%-ная погрешность передачи смещения UTC(SU)–ШВС (95% Global Average UTCOE) 	<ul style="list-style-type: none"> • Для каждого пригодного СВП. • Интервал оценки — 30 суток

3.5 Вероятность основного отказа обслуживания сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

3.5.1 Вероятность основного отказа обслуживания по SIS URE сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Вероятность основного отказа обслуживания по SIS URE сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС приведена в таблице 3.5.1.

Таблица 3.5.1 — Вероятность основного отказа обслуживания по SIS URE канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Вероятность основного отказа обслуживания по CSA SIS URE	Условия и ограничения
За счет единичных независимых сбоях (P_{sat}): <ul style="list-style-type: none"> $\leq 10^{-4}$ — вероятность превышения мгновенной SIS URE установленного порога 	<ul style="list-style-type: none"> Средняя по всем пригодным СВП в ОГ Интервал оценки — 1 год Установленный порог непревышения SIS URE — 70 м В худшем случае задержка оповещения составляет 16 ч
За счет отказа одновременно двух и более НКА (P_{const}): <ul style="list-style-type: none"> $\leq 10^{-4}$ — вероятность превышения мгновенной SIS URE установленного порога 	<ul style="list-style-type: none"> Средняя по всем пригодным СВП в ОГ Установленный порог непревышения SIS URE — 70 м В худшем случае задержка оповещения составляет 16 ч

Примечания:

1. После принятия системы ГЛОНАСС в штатную эксплуатацию вероятность основного отказа одновременно двух и более НКА должна быть менее $1 \cdot 10^{-4}$.
2. Вероятность отказа двух и более НКА оценивается на всем доступном интервале измерений, начиная с 2010 года. Выбор начала интервала оценки связан с мероприятиями по модернизации наземных средств.

3.5.2 Вероятность основного отказа обслуживания по SIS URRE сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Вероятность основного отказа обслуживания по SIS URRE сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС приведена в таблице 3.5.2.

Таблица 3.5.2 — Вероятность основного отказа обслуживания по SIS URRE канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Вероятность основного отказа обслуживания по CSA SIS URRE	Условия и ограничения
<ul style="list-style-type: none"> • Не задано 	<ul style="list-style-type: none"> • Соответствующие значения эксплуатационной характеристики могут быть определены в следующей версии Стандарта

Примечание: Краткосрочные флуктуации ионосферы могут привести к очень большим значениям мгновенных погрешностей определения скорости изменения дальности.

3.5.3 Вероятность основного отказа обслуживания по SIS URAE сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Вероятность основного отказа обслуживания по SIS URAE сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС приведена в таблице 3.5.3.

Таблица 3.5.3 — Вероятность основного отказа обслуживания по SIS URAE канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Вероятность основного отказа обслуживания по CSA SIS URAE	Условия и ограничения
<ul style="list-style-type: none"> • Не задано 	<ul style="list-style-type: none"> • Соответствующие значения эксплуатационной характеристики могут быть определены в следующей версии Стандарта

Примечание: Краткосрочные флуктуации ионосферы могут привести к очень большим значениям мгновенных погрешностей определения ускорения изменения дальности.

3.6 Непрерывность сигналов–в–пространстве (SIS Continuity) канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

В данном разделе определены значения непрерывности СВП КСТ системы ГЛОНАСС. Под непрерывностью пригодного СВП понимается вероятность того, что СВП не перестанет быть пригодным без предварительного оповещения в течение определенного интервала времени.

О запланированных перерывах КСТ системы ГЛОНАСС ПНКИ должен сообщить системам оповещения гражданских пользователей как минимум за 48 ч до наступления перерыва. Системы оповещения гражданских потребителей должны быть поставлены в известность о незапланированных перерывах в результате сбоев в работе системы или технического обслуживания, происходящих не в плановый период, как можно скорее. Запланированные перерывы, о которых было объявлено не менее чем за 48 часов, не являются «потерей» непрерывности.

3.6.1 Непрерывность сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС при незапланированных перерывах

Непрерывность для СВП КСТ системы ГЛОНАСС при незапланированных перерывах определена в таблице 3.6.1.

Таблица 3.6.1 — Значения непрерывности для СВП КСТ системы ГЛОНАСС при незапланированных перерывах

Непрерывность SIS	Условия и ограничения
<ul style="list-style-type: none"> • $\geq 0,998$ /ч/НКА – непрерывности СВП на любом часе 	<ul style="list-style-type: none"> • Средняя по всем СВП в ОГ • Интервал оценки — 1 год • Задано, что СВП является пригодным на начало часа

3.6.2 Время доставки сообщений о запланированных и незапланированных перерывах для сигналов-в-пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Время доставки сообщений о запланированных и незапланированных перерывах для СВП КСТ системы ГЛОНАСС определено в таблице 3.6.2.

Таблица 3.6.2 — Время доставки сообщений о запланированных и незапланированных перерывах для СВП КСТ системы ГЛОНАСС

Время доставки сообщений о перерывах	Условия и ограничения
Запланированные перерывы: <ul style="list-style-type: none"> Соответствующие сообщения ЦУС ГЛОНАСС должны быть разосланы ПНКИ в ИАЦ КВНО ФГУП ЦНИИмаш и СВОЭВП как минимум за 48 ч до события 	<ul style="list-style-type: none"> Для каждого пригодного СВП.
Незапланированные перерывы (выходы системы из строя, неисправности, воздействующие КСТ и др.): <ul style="list-style-type: none"> Соответствующие сообщения ЦУС ГЛОНАСС должны быть разосланы ПНКИ в ИАЦ КВНО ФГУП ЦНИИмаш и СВОЭВП как можно скорее после события (перерыва) 	<ul style="list-style-type: none"> Для каждого пригодного СВП.

Примечание: Классификация незапланированных перерывов из-за технического обслуживания («долговременные тяжёлые» сбои, «кратковременные тяжёлые» сбои», «лёгкие» сбои) будет разработана в следующей версии Стандарта.

3.7 Доступность сигналов–в–пространстве канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Далее определены значения доступности СВП КСТ системы ГЛОНАСС.

В данном Стандарте рассматриваются три компоненты доступности:

- доступность орбитальной точки (SIS Per–slot Availability) рассчитывается как процент времени на заданном интервале, когда орбитальная точка номинальной ОГ ГЛОНАСС занята НКА, передающим пригодный СВП;
- доступность орбитальной группировки (SIS Constellation Availability): рассчитывается как процент времени на заданном интервале, когда определенное количество орбитальных точек номинальной ОГ ГЛОНАСС заняты НКА, передающими пригодные СВП;

3.7.1 Доступность орбитальной точки сигналов–в–пространстве (SIS Per–slot Availability) канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Доступность орбитальной точки СВП КСТ системы ГЛОНАСС определена в таблице 3.7.1.

Таблица 3.7.1 — Доступность орбитальной точки СВП КСТ системы ГЛОНАСС

Доступность орбитальной точки	Условия и ограничения
<ul style="list-style-type: none"> • $\geq 0,95$ — вероятность того, что орбитальная точка занята НКА, передающим пригодный СВП 	<ul style="list-style-type: none"> • Средняя по всем СВП в ОГ • Интервал оценки — 1 год

3.7.2 Доступность орбитальной группировки сигналов–в–пространстве (SIS Constellation Availability) канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Доступность орбитальной группировки СВП КСТ системы ГЛОНАСС определена в таблице 3.7.2.

Таблица 3.7.2 — Доступность орбитальной группировки СВП КСТ системы ГЛОНАСС

Доступность орбитальной группировки	Условия и ограничения
<ul style="list-style-type: none"> • $\geq 0,98$ — вероятность того, что в ОГ будет находиться по меньшей мере 21 НКА, излучающий пригодные СВП. 	<ul style="list-style-type: none"> • Интервал оценки — 1 год.

3.8 Эксплуатационные характеристики канала стандартной точности системы ГЛОНАСС в части определений местоположения и времени

В данном разделе определены эксплуатационные характеристики КСТ системы ГЛОНАСС в области определения местоположения и времени.

При определении значений эксплуатационных характеристик, заданных в данном разделе данного Стандарта, используется определенный набор допущений для НАП, расширяющий перечень исключаемых погрешностей, указанных в разделе 2.5.4.

В данном Стандарте рассматривается НАП, которая:

- разработана в соответствии с текущей редакцией ИКД на систему ГЛОНАСС (на момент утверждения Стандарта — редакция 5.1);
- отслеживает СВП КСТ системы ГЛОНАСС от всех НКА в зоне видимости на углах возвышения более 5 градусов относительно местного горизонта (местные источники затенений не рассматриваются). Предполагается, что НАП эксплуатируется в номинальной шумовой обстановке, которая не прерывает возможностей НАП к обнаружению и отслеживанию СВП;
- определяет положения НКА и выполняет вычисления геометрических дальностей в самой последней реализации Земной геоцентрической системы координат (на момент утверждения Стандарта — ПЗ–90.11);
- выполняет решение задачи определения местоположения и времени по данным, полученным по всем НКА в зоне видимости;
- обрабатывает информацию о пригодности из СВП и исключает из координатно–временного решения непригодные НКА;
- гарантирует использование актуальных эфемерид и частотно–временных поправок для всех НКА при их использовании в решении координатно–временной задачи;
- эксплуатируется в точке с известным местоположением – для НАП, используемой для определения времени.

Как указано в разделе 2.5.4, точностные характеристики приведены без учета погрешности за счет среды распространения и НАП. При этом, в суммарном бюджете погрешностей двухчастотного режима остаточные погрешности безионосферной комбинации не окажут заметного влияния на точностные характеристики местоопределения, в то время как в бюджете погрешностей одночастотного режима ионосферные погрешности будут играть определяющую роль.

3.8.1 Доступность навигационного поля (PDOP Availability) канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Задачи поддержания уровня доступности ОГ (разделы 3.2 и 3.7) и зоны действия (глава 3.3) приводят к необходимости поддержания уровня пространственного геометрического фактора — коэффициента пропорциональности между среднеквадратической погрешностью определения пространственных координат потребителя и среднеквадратической погрешностью определения псевдодальности до НКА, значения которого представлены в таблице 3.8.1.

Таблица 3.8.1 — Доступность навигационного поля канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Доступность навигационного поля	Условия и ограничения
<ul style="list-style-type: none"> • $\geq 0,98$ — средняя по миру вероятность непревышения $PDOP \leq 6$ • $\geq 0,84$ — минимальная по миру вероятность непревышения $PDOP \leq 6$ 	<ul style="list-style-type: none"> • Интервал оценки — 24 ч • Определяются для решения координатно-временной задачи при указанных выше допущениях для НАП и для зоны действия системы ГЛОНАСС

3.8.2 Доступность услуги местоопределения (Position Service Availability) канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Задачи поддержания уровня доступности навигационного поля (таблица 3.8.1) и ЭПД за счет космического сегмента (см. таблицу 3.4.1) приводят к необходимости поддержания уровня доступности услуги местоопределения для канала стандартной точности системы ГЛОНАСС, значения которого приведены в таблице 3.8.2.

Таблица 3.8.2 — Доступность услуги местоопределения канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Доступность услуги местоопределения	Условия и ограничения
<ul style="list-style-type: none"> • $\geq 0,99$ — средняя по поверхности доступность услуги горизонтального местоопределения • $\geq 0,99$ — средняя по поверхности доступность сервиса вертикального местоопределения 	<ul style="list-style-type: none"> • Интервал оценки — 24 ч • Порог погрешности горизонтального местоопределения за счет космического сегмента — 12 м (95% на суточном интервале) • Порог погрешности вертикального местоопределения за счет космического сегмента — 25 м (95% на суточном интервале) • Определяются для решения координатно-временной задачи при указанных выше допущениях для НАП и зоны действия ГЛОНАСС
<ul style="list-style-type: none"> • $\geq 0,90$ — минимальная по поверхности доступность услуги горизонтального местоопределения • $\geq 0,90$ — минимальная по поверхности доступность услуги вертикального местоопределения 	<ul style="list-style-type: none"> • Интервал оценки — 24 часа • Порог погрешности горизонтального местоопределения за счет космического сегмента — 12 м (95% на суточном интервале) • Порог погрешности вертикального местоопределения за счет космического сегмента — 25 м (95% на суточном интервале) • Определяются для решения координатно-временной задачи при указанных выше допущениях для НАП и зоны действия ГЛОНАСС

3.8.3 Точность услуги определения местоположения и времени канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Задачи поддержания уровня доступности навигационного поля (таблица 3.8.1) и ЭПД за счет космического сегмента (см. таблицу 3.4.1) приводят к необходимости поддержания уровней точности решения задачи определения местоположения и времени для КСТ ГЛОНАСС, значения которых приведены в таблице 3.8.3.

Таблица 3.8.3 — Точность услуги определения местоположения и времени канала стандартной точности системы ГЛОНАСС

Точность решения задач определения местоположения и времени	Условия и ограничения
Глобальные средние погрешности местоопределения (Global Average Positioning error): <ul style="list-style-type: none"> • ≤ 5 м – 95% горизонтальная • ≤ 9 м – 95% вертикальная 	<ul style="list-style-type: none"> • Интервал оценки – 24 ч • Нормализованные значения усредняются (СКП) по всем точкам зоны обслуживания • Используются указанные выше допущения для НАП
Погрешности местоопределения в худшей точке (Worst Site Positioning error): <ul style="list-style-type: none"> • ≤ 12 м – 95% горизонтальная • ≤ 25 м – 95% вертикальная 	<ul style="list-style-type: none"> • Интервал оценки – 24 ч • Для любой точки зоны обслуживания • Используются указанные выше допущения для НАП
Глобальная средняя погрешность передачи времени UTC(SU) (Global Average Time transfer error): <ul style="list-style-type: none"> • ≤ 40 нс – 95% погрешность передачи времени (только за счёт ОГ и ПНКИ) 	<ul style="list-style-type: none"> • Интервал оценки – 24 ч • Нормализованные значения усредняются (СКП) по всем точкам зоны обслуживания • Используются указанные выше допущения для НАП • При расчетах учитывается погрешность передачи смещения UTC(SU)–ШВС

Список сокращений

АКНП	аппаратура контроля навигационного поля
АКВШ	аппаратура контроля временных шкал
БСУ	бортовое синхронизирующее устройство
ГНСС	глобальная навигационная спутниковая система
ИКД	интерфейсный контрольный документ
КИП	командно–измерительные пункты
КОИП	квантово–оптические измерительные пункты
КСТ	канал стандартной точности
НАП	навигационная аппаратура потребителя
НКА	навигационный космический аппарат
НС	навигационный сигнал
ОГ	орбитальная группировка
ОС	открытый сервис
ПНКИ	подсистема наземной космической инфраструктуры
РНП	радионавигационное поле
СВОЭВП	система высокоточного определения эфемеридно–временных поправок
СВП	сигнал–в–пространстве
СК	система координат
СДКМ	система дифференциальной коррекции и мониторинга
СКП	среднеквадратическая погрешность
ТТТ	тактико–технические требования
ФЦП	федеральная целевая программа
ЦИ	цифровая информация
ЦН	целевое назначение
ЦУС	центр управления системой
ЧВП	частотно–временная поправка
ШВС	шкала времени системы
ЭВИ	эфемеридно–временная информация
ЭИ	эфемеридная информация
ЭПД	эквивалентная погрешность псевдодальности
BPSK	Binary Phase Shift Key, двоичная фазовая манипуляция

CSA	Chanel of Standard Accuracy, канал стандартной точности
HDOP	Horizontal Dilution Of Precision, Горизонтальный геометрический фактор
ICAO	International Civil Aviation Organization, Международная Организация Гражданской авиации
ICD	Interface Control Document. Интерфейсный контрольный документ
IGS	International GNSS Service, Международная служба ГНСС
NAGU	Notice Advisory to GLONASS Users, Сообщение потребителям системы ГЛОНАСС (СПСГ)
OS	Open Service, Открытый сервис
PDOP	Position Dilution of Precision, Пространственный геометрический фактор
RAIM	Receiver autonomous integrity monitoring, Автономный контроль целостности в аппаратуре потребителя
RMS	Root–Mean–Square, Среднеквадратическое
SARPs	Standards and Recommended Practices, Стандарты и рекомендуемые практики ИКАО
SBAS	Space based augmentation system, Функциональное дополнение космического базирования
SIS	Signal In Space, сигнал–в–пространстве
URAE	User Range Acceleration Error, Ускорение изменения эквивалентной погрешности псевдодальности
URE	User Range Error, Эквивалентная погрешности псевдодальности
URRE	User Range Rate Error, Скорость изменения эквивалентной погрешности псевдодальности
UTC	Universal Time Coordinated, Всемирное координированное время
UTC (SU)	Universal Time Coordinated (Soviet Union), Национальная шкала времени Российской Федерации
UTC OE	UTC(SU) Offset Error, Погрешность передачи смещения UTC(SU)–ШВС.
VDOP	Vertical Dilution Of Precision, Вертикальный геометрический фактор

Термины и определения

Альманах

Информация, передаваемая с каждого навигационного космического аппарата в составе навигационного сообщения, включающая в себя неоперативные данные о системной шкале времени, данные о бортовых шкалах времени всех навигационных космических аппаратов и данные об элементах их орбит и техническом состоянии

Вертикальный геометрический фактор

Коэффициент пропорциональности между среднеквадратической погрешностью определения высотной составляющей местоположения потребителя и среднеквадратической погрешностью определения псевдодальности до навигационного космического аппарата

Видимость НКА

Условие наблюдения навигационного космического аппарата, когда угол его возвышения относительно плоскости местного горизонта превышает минимально допустимое значение или равен ему

Глобальная навигационная спутниковая система (GLONASS)

Глобальная навигационная спутниковая система, эксплуатируемая Российской Федерацией

Глобальная навигационная спутниковая система (GNSS)

Навигационная спутниковая система, предназначенная для определения пространственных координат, составляющих вектора скорости движения, поправки показаний часов и скорости изменения поправки показаний часов потребителя ГНСС в любой точке на поверхности Земли, акватории Мирового океана, воздушного и околоземного космического пространства.

Примечание — В данном стандарте термин «ГНСС» используется в терминологии разработчиков и системных провайдеров как самостоятельная система, эксплуатируемая отдельным государством, без функциональных дополнений, т.е. система ГЛОНАСС является одной из ГНСС. При использовании данного стандарта в интересах ИКАО система ГЛОНАСС является основной орбитальной группировкой, а ГНСС — глобальной системой определения местоположения и времени, включающей одну или несколько основных орбитальных группировок, авиационную НАП и систему контроля целостности, дополненную по мере необходимости с целью поддержания требуемых навигационных характеристик для планируемой операции

Глобальная средняя погрешность (Global Average)

Среднеквадратическая в заданном пространстве погрешность некой характеристики, определенная на конкретный момент времени

Глобальная средняя ЭПД за счет космического сегмента (Global Average SIS URE)

Среднеквадратическая в зоне действия НКА погрешность псевдодальности за счет космического сегмента, определенная на конкретный момент времени

95% Global Average SIS URE

Доверительная граница погрешности при доверительной вероятности 0,95 величины Global Average SIS URE (значение, соответствующее 95%-му уровню распределения величины Global Average SIS URE на заданном интервале)

Горизонтальный геометрический фактор

Коэффициент пропорциональности между среднеквадратической погрешностью определения горизонтальных координат потребителя и среднеквадратической погрешностью определения псевдодальности до навигационного космического аппарата

Доступность навигационного поля (PDOP Availability)

Способность системы поддерживать заданные характеристики пространственного геометрического фактора, рассчитываемого по пригодным НКА

Доступность орбитальной группировки (SIS Constellation Availability)

Способность системы обеспечивать нахождение в составе ОГ необходимого для достижения требуемых характеристик пространственного геометрического фактора количества НКА, излучающих пригодные НС

Доступность орбитальной точки (SIS Per-slot Availability)

Способность системы обеспечивать нахождение НКА, излучающего пригодный навигационный сигнал, в рабочей точке ОГ

Доступность услуги местоопределения (Position Service Availability)

Способность системы обеспечивать проведение навигационных определений местоположения с заданными точностными характеристиками

Зона действия НКА (Per-slot coverage)

Область пространства, в которой излучается навигационный сигнал одного НКА и оцениваются характеристики системы

Зона действия системы (Constellation coverage)

Область пространства, покрытая радионавигационным полем, в которой оцениваются характеристики системы

Интерфейсный контрольный документ (ICD)

Документ, устанавливающий параметры навигационных сигналов, а также структуру, содержание и формат навигационных сообщений, передаваемых потребителю

Канал стандартной точности (CSA)

Канал, обеспечивающий заданный уровень точности определения местоположения и времени, доступный любому пользователю системы ГЛОНАСС на глобальной и непрерывной основе

Мгновенная погрешность псевдодальности (Instantaneous User Range Error, URE)

Определенная в конкретной точке пространства на конкретный момент времени откалиброванной в ШВС НАП разность между измеренной псевдодальностью и псевдодальностью, рассчитанной на основе эфемеридно–временной информации и известного положения потребителя

Местоопределение потребителя

Определение пространственных координат потребителя

Навигационная аппаратура потребителя (НАП)

Аппаратура, предназначенная для приема и обработки навигационных сигналов и выделения навигационных сообщений с целью определения пространственных координат, составляющих вектора скорости движения, поправки показаний часов потребителя и скорости изменения этой поправки

Навигационная спутниковая система (NSS)

Спутниковая система, предназначенная для определения пространственных координат, составляющих вектора скорости движения, поправки показаний часов и скорости изменения поправки показаний часов потребителя в любой точке зоны действия системы

Навигационное сообщение

Информация, переносимая навигационным сигналом, состав которой определяется информационным контрольным документом

Навигационный космический аппарат (НКА, Satellite)

Космический аппарат, имеющий на борту аппаратуру, предназначенную для формирования и излучения навигационных сигналов, необходимых потребителю для определения пространственных координат, составляющих вектора скорости движения, поправки показаний часов и скорости изменения этой поправки

Навигационный сигнал

Радиосигнал, излучаемый навигационным космическим аппаратом, несущий информацию о показаниях его часов, навигационное сообщение и предназначенный для потребителей навигационной спутниковой системы.

Навигационный сигнал с открытым доступом

Навигационный сигнал, предоставляемый потребителям на безвозмездной основе в социально–экономической и научной сферах

Навигационный сигнал с санкционированным доступом

Навигационный сигнал, предоставляемый специальным потребителям

Надежность (Reliability)

Выполнение системой своих функций в течение определенного периода времени, при котором значение погрешности псевдодальности за счет космического сегмента поддерживается в заданных пределах для любой точки, расположенной в зоне действия системы, применительно ко всем пригодным спутникам ГЛОНАСС

Непрерывность обслуживания потребителя (Continuity)

Способность системы осуществлять навигационное обслуживание потребителей в течение заданного интервала времени без отказов и перерывов

Непрерывность сигнала в пространстве (SIS Continuity)

Вероятность того, что сигнал–в–пространстве, являющийся пригодным в начале заданного интервала, не перестанет быть пригодным в течении заданного интервала времени без предварительного своевременного оповещения

Орбитальная группировка навигационных космических аппаратов (ОГ, Constellation)

Совокупность навигационных космических аппаратов, находящихся в данный момент в составе навигационной спутниковой системы, включая навигационные космические аппараты, используемые по целевому назначению, а также навигационные космические аппараты, временно не используемые по целевому назначению

Орбитальная точка ОГ (Operational slot)

Фиксированное место в структуре ОГ, которое может быть занято навигационным космическим аппаратом

Основной отказ в навигационном обслуживании (Major Service Failure) по SIS URE

Событие, происходящее в определенный период времени, в течение которого признаки пригодности НКА в навигационном сообщении являются ложными, то есть значение погрешности псевдодальности за счет космического сегмента превышает предельное значение, при котором должен быть выставлен признак непригодности НКА

Отказ в навигационном обслуживании потребителя

Состояние навигационного космического аппарата, при котором хотя бы одна характеристика его навигационного сигнала не соответствует установленным требованиям, о чем потребитель заранее не извещен

Открытый сервис ГЛОНАСС (GLONASS Open Service)

Предоставление открытого доступа к радионавигационному полю ГЛОНАСС, создаваемому навигационными сигналами с открытым доступом и частотным разделением, излучаемыми в диапазонах L1, L2, с характеристиками канала стандартной точности

Отслеживаемый навигационный сигнал (сигнал–в–пространстве) (Trackable SIS)

Навигационный сигнал, который может быть принят и обработан НАП в степени, достаточной для классификации его как пригодного или непригодного

Перерыв в навигационном обслуживании потребителя (Service Degradation)

Состояние навигационного космического аппарата, при котором хотя бы одна характеристика его навигационного сигнала не соответствует установленным требованиям, о чем потребитель заранее извещен

Погрешности псевдодальности за счет космического сегмента в наихудшей точке (Worst Case Single Point Average SIS URE)

Максимальная на заданном пространстве погрешность псевдодальности за счет космического сегмента, определенная на конкретный момент времени

Погрешности псевдодальности за счет космического сегмента, или эквивалентная погрешность псевдодальности (ЭПД) (погрешность сигнала в пространстве) (Signal-in-Space URE)

Погрешность псевдодальности, определяемая только погрешностью передаваемой навигационным космическим аппаратом ЭВИ при отсутствии погрешностей за счет НАП, условий распространения и приема сигнала

Погрешность в наихудшей точке (Worst Case Single Point Average)

Максимальная в заданном пространстве погрешность некой характеристики, определенная на конкретный момент времени

Погрешность местоопределения (Positioning error)

Статистическая характеристика разности между найденным местоположением потребителя и действительными координатами для произвольной точки в зоне обслуживания навигационной спутниковой системы в течение заданного интервала времен

Погрешность местоопределения за счет космического сегмента

Погрешность решения навигационной задачи потребителем, определяемая только погрешностью ЭВИ, передаваемой навигационным космическим аппаратом, при отсутствии погрешностей за счет НАП, условий распространения и приема сигнала

Погрешность передачи времени UTC(SU) (Time transfer accuracy)

Погрешность, с которой потребитель может определить разность между своей шкалой времени и шкалой Всемирного координированного времени госэталоны Российской Федерации (UTC(SU))

Погрешность передачи смещения UTC(SU)–ШВС (UTC(SU) Offset Error), UTCOE)

Статистическая характеристика разности между смещением времени UTC(SU) – ШВС, передаваемым в навигационном сообщении, и действительным значением смещения в течение заданного интервала времени

Потребитель

Объект навигации, решающий навигационную задачу посредством приема и обработки навигационных сигналов от навигационных космических аппаратов

Пригодный навигационный сигнал (сигнал–в–пространстве) (Healthy SIS)

Навигационный сигнал с параметрами и структурой, установленными Интерфейсным контрольным документом, а также отслеживаемый и идентифицируемый потребителем как пригодный для использования на основании признаков пригодности в навигационном сообщении

Пригодный НКА	Навигационный космический аппарат, бортовая аппаратура которого передает положительный признак пригодности
Пространственный геометрический фактор	Коэффициент пропорциональности между среднеквадратической погрешностью определения пространственных координат потребителя и среднеквадратической погрешностью определения псевдодальности до навигационного космического аппарата
Псевдодальность	Разность между моментом приема фрагмента навигационного сигнала, отсчитанным по шкале времени НАП, и моментом излучения его навигационным космическим аппаратом, отсчитанным по шкале времени навигационного космического аппарата, умноженная на значение скорости света
Радионавигационное поле	Электромагнитное поле, создаваемое совокупностью навигационных сигналов в обслуживаемом навигационной спутниковой системой пространстве
Сигнал–в–пространстве (СВП, SIS)	Идеальный навигационный сигнал, на параметры которого не влияют погрешности распространения сигнала в ионосфере, тропосфере, погрешности НАП, многолучевость и помехи
Системная шкала времени (ШВС)	Шкала времени, предназначенная для временной привязки основных процессов во всех подсистемах навигационной спутниковой системы, включая процессы, связанные с определением моментов излучения и приема навигационных сигналов для измерения псевдодальностей
Скорость изменения мгновенной ЭПД (Instantaneous User Range Rate Error, URRE)	Первая производная от мгновенной погрешности псевдодальности
Ускорение изменения мгновенной ЭПД (Instantaneous User Range Acceleration Error, URAE)	Вторая производная от мгновенной погрешности псевдодальности
Эргодический интервал	Интервал, достаточный для накопления репрезентативной выборки.
Эфемеридно–временная информация (ЭВИ)	Совокупность данных навигационного сообщения, получаемая потребителем с борта навигационного космического аппарата и позволяющая ему определять пространственные координаты, составляющие вектора скорости движения и поправку показаний часов НКА

Перечень используемых материалов

В данной главе перечислены документы, использовавшиеся при составлении данного Стандарта эксплуатационных характеристик открытого сервиса системы ГЛОНАСС:

1. Федеральная целевая программа «Поддержание, развитие и использование системы ГЛОНАСС на 2012 – 2020 годы».
2. Глобальная спутниковая навигационная система ГЛОНАСС. Интерфейсный контрольный документ (редакция 5.1). – М.: РНИИ КП, 2008.
3. ГОСТ Р 52928–2010 Система спутниковая навигационная глобальная. Термины и определения. – 2010.
4. ГОСТ 32454–2013 Глобальная навигационная спутниковая система. Параметры радионавигационного поля. Технические требования и методы испытаний – 2013.
5. Международные стандарты и Рекомендуемая практика ИКАО. Приложение 10, Том 1, включая дополнение 89. – 2014.
6. Тактико–технические требования к глобальной навигационной системе ГЛОНАСС (без учета требований специальных пользователей). – 2012.
7. Global Positioning System Standard Positioning Service Performance Standard, 3rd edition. – 2001.
8. Global Positioning System Standard Positioning Service Performance Standard, 4th edition. – 2008.